

JAPANESE PATENT LAID-OPEN PUBLICATION

(11) Patent Application Laid-open No. Sho 54-8441

5 (71) Applicant:

NTT

2-3-2 Nishishinzyuku, Shinzyukuku, Tokyo, Japan

(72) Inventor (Deviser):

10 SHIOKAWA, TAKAYASHU

2-1-23 Nakameguro, Meguroku, Tokyo, Japan

(54) Title of the Invention (Device):

LOOP ANTENNA

15

(57) Abstract

Disclosed is a loop antenna. The loop antenna includes a plurality of loop antenna devices, wherein the center of each of the loop antenna devices is disposed on the same axis, and wherein the loop antenna devices are disposed on the same 20 plane and have different loop radii. The loop antenna also includes a voltage synthesizing circuit and a phase shifter for facilitating different amplitude ratios and phase differences between excitation voltages of each of the loop antenna devices.

Serial No. 10/748,277
Filed: December 31, 2003
Attorney Docket 249/409

⑯日本国特許庁
公開特許公報

⑮特許出願公開
昭54-8441

⑯Int. Cl.² 識別記号
H 01 Q 21/00 //
H 01 Q 7/00

⑰日本分類 厅内整理番号
98(3) D 12 7530- 5J
98(3) D 3 7259- 5J

⑯公開 昭和54年(1979)1月22日
発明の数 1
審査請求 未請求

(全5頁)

⑯ループアンテナ

国際電信電話株式会社研究所
内

⑯特 願 昭52-73317
⑯出 願 昭52(1977)6月22日
⑯發明者 塩川孝泰
東京都目黒区中目黒2-1-23

⑯出願人 国際電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目3番
2号
⑯代理人 弁理士 白水常雄 外2名

明細書

1. 発明の名称 ループアンテナ

2. 特許請求の範囲

中心を同じくし、同一平面上に配置されたループ半径の異なる複数のループアンテナ素子と、該各素子の励振電圧間に振幅比および位相差を与えるための電圧合成回路および移相器よりなる励振部により構成されたことを特徴とするループアンテナ。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、中心を同じくし、同一平面上に配置されたループ半径の異なる複数のループアンテナ素子を組合せたループアンテナに関する。

ループアンテナは古くより、ダイポールアンテナと共に線状アンテナを代表する基本的アンテナとして、理論、実験両面から多くの研究者により検討が進められてきている。通常、図1に示すよ

うな単一形ループ素子Aと励振部Pにより構成されるループアンテナは、周囲長がほゞ一波長程度の場合に、アンテナの存在する面に対して垂直な方向に比較的鋭い指向性を有するため、これを利用してVHF帯、UHF帯用アンテナとして広く実用化されている。このようにループアンテナは簡単な構造で比較的良好な特性を有するアンテナであるが、さらにこのアンテナ特性を改善させるべく次のような検討もなされている。すなわち

- (i) 複数個の給電点又はインピーダンス装荷点を考慮した單一ループアンテナ。
- (ii) 複数個のループアンテナより構成される配列アンテナである。
- (iii) は、図1に示すような従来の單一ループアンテナに対して、図2a、図2bに示すように單一ループ素子A上にN個の給電点P₁, P₂, ……, P_N又はインピーダンス装荷点Z₁, Z₂, ……, Z_Nを有し、各励振電圧およびインピーダンス値に適當な値を与えることにより、アンテナの特性(例えば指向性パターン)を制御するものである。

次に(ii)はN個の単一ループアンテナを図3a、図3bに示すように単一ループアンテナを軸方向又は同一平面に複数個配列することにより、アンテナの特性を制御するものである。特に図3aに示す多段式アンテナはダイボールアンテナによる八木・宇田アンテナの如く、単一ループアンテナに対して高利得化を計ったものであり、現在、テレビ受信用アンテナ等として用いられている。しかしながら、図3a、図3bのように单一アンテナでアンテナ特性を制御する場合、複数個の給電点又はインピーダンス装荷で希望の特性を実現、又は制御できるときには、問題は少ないが、複雑なパターンの合成とか尖鋭ビームの合成等を行なう際には多数のインピーダンスの装荷が必要であり、これは理論上は実現できるとしても、実際にアンテナとして製作する際には、インピーダンス素子における負荷損失等のためアンテナ効率を著しく劣化せしめる等の欠点を有している。また、図3a、図3bのように単一ループアンテナを複数個組合せた配列アンテナは、アンテナ素子数が多け

れば、高い利得化も又任意の指向性合成も可能であるが、アンテナ軸方向又は平面上の拡がりが大きくなる欠点を有している。これはアンテナの小型化の望まれる例えは航空機搭載用アンテナとして使用する際にはこれらの欠点に対して何らかの対策が必要となる。

上記のようなアンテナに対して本発明による同一平面内、同心ループアンテナはアンテナ特性のうち特に利得に着目して小形で高利得なアンテナを提供することを目的としたものであり、以下図面を用いて詳細に説明する。

図4は本発明の実施例を示す構成図で、図に示すようにループ半径 b_i ($i = 1, 2, \dots, N$) の異なる複数のループアンテナ素子 $A_1, A_2, \dots, A_i, A_j, \dots, A_N$ を、同一中心で同一平面上に配置する。そこで各素子の給電部 P_i から各素子に加えられる励振電圧を V_i とし、各素子上の電流は導線の周りの方向に分布していると仮定して、N個の素子アンテナの表面で電界に関する境界条件を満足し、かつN個のループ上の電流 $I_i(\varphi_i)$ の寄与

- 3 -

の和で与えられる積分方程式をフーリエ級数法で解くことにより、次式が導かれる。

$$[V_i] = [I_j^n] [Z_{ij}^{-n}] \quad (1)$$

$$n \geq 0$$

$$i, j = 1 \sim N$$

ただし I_j^n : j 番目のループ上の電流分布をフーリエ級数展開した際の n 次の係数

Z_{ij}^{-n} : n 次の I_j^n に対応する行列要素であり次式で与えられる。

$$Z_{ij}^{-n} = \begin{cases} j\pi\eta_0 b_j^{-4} K_{ij}^{-1} & n = 0 \\ \frac{j\pi\eta_0}{2} (\frac{K_{ij}^{-n+1} + K_{ij}^{-n-1}}{2} - \frac{n^2}{4b_j} K_{ij}^{-n}) & n \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\delta = 2\pi / \text{波長} \quad \eta_0 = 120\pi$$

$$K_{ij}^{-n} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{e^{-j\delta b_i R_{ij}(\varphi)}}{b_i R_{ij}(\varphi)} \cdot e^{jn\varphi} d\varphi \quad (3)$$

- 5 -

- 4 -

$R_{ij}(\varphi)$: 斜めした2電流素子間の距離

この(1)式を解くことにより各アンテナ素子 A_i 上の電流分布 I_i^n を求めることができる。例えば $N=2$ （すなわち2素子アンテナ）の場合（以下説明を簡単にするため2素子の場合について説明する）には、 A_1 と A_2 上の電流分布 I_1^n, I_2^n は次式で与えることができる。

$$I_1^n = \frac{Z_{12}^{-n} V_2 - Z_{22}^{-n} V_1}{(Z_{12}^{-n} Z_{21}^{-n} - Z_{11}^{-n} Z_{22}^{-n})} \quad (4)$$

$$I_2^n = \frac{Z_{21}^{-n} V_1 - Z_{11}^{-n} V_2}{(Z_{12}^{-n} Z_{21}^{-n} - Z_{11}^{-n} Z_{22}^{-n})} \quad (5)$$

この(4)、(5)式を用いることにより、このアンテナの諸特性（指向性パターン、利得等）を求めることができるが、このときの図4におけるZ軸方向の最大指向性利得は次式で与えられる。

$$G_{MAX} = \frac{\pi\eta_0}{2} \left(\frac{|Y_1|^2}{Re(Y_1)} + \frac{|Y_2|^2}{Re(Y_2)} \right) \quad (6)$$

ただし $\eta_0 = 120 \pi$

なおこの場合の励振条件は次のようにして求めることができる。即ち各素子に加える励振電圧をそれぞれ $V_1 = |V_1| e^{j\theta_1}$, $V_2 = |V_2| e^{j\theta_2}$ として振巾比を $\alpha = |V_2| / |V_1|$, 位相差を $\theta = \theta_2 - \theta_1$ と置くと、 α , θ は次式によって与えられる。

$$\alpha = \frac{\operatorname{Re}(Y_1) |Y_2|}{\operatorname{Re}(Y_2) |Y_1|} \quad (7)$$

$$\theta = \begin{cases} \tan^{-1}\left(\frac{\operatorname{Imag}(Y_1, Y_2^*)}{\operatorname{Re}(Y_1, Y_2^*)}\right) + 2n\pi & \operatorname{Re}(Y_1, Y_2^*) > 0 \\ \tan^{-1}\left(\frac{\operatorname{Imag}(Y_1, Y_2^*)}{\operatorname{Re}(Y_1, Y_2^*)}\right) + (2n+1)\pi & \operatorname{Re}(Y_1, Y_2^*) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

ただし

$$Y_1 = \sum_n \frac{Z_{22}^n}{(Z_{11}^n Z_{22}^n - Z_{12}^n Z_{21}^n)}$$

$$Y_2 = \sum_n \frac{Z_{11}^n}{(Z_{11}^n Z_{22}^n - Z_{12}^n Z_{21}^n)}$$

$$Y_1 = \frac{4b_1 Z_{22}^{-1} - 4b_2 Z_{22}^{-1}}{(Z_{11}^{-n} Z_{22}^{-n} - Z_{12}^{-n} Z_{21}^{-n})}$$

$$Y_2 = \frac{4b_1 Z_{12}^{-1} + 4b_2 Z_{11}^{-1}}{(Z_{12}^{-n} Z_{12}^{-1} - Z_{11}^{-n} Z_{22}^{-1})}$$

そこで、例えば内側ループアンテナ素子のループ半径を $b_1 = 1.0 / \lambda$ ($\lambda = 2\pi / \text{波長}$) に固定し、外側ループアンテナ素子のループ半径 b_2 を変えた場合の最大指向性利得を (6) 式から求めると図 5 に示すような曲線が得られ、この場合の最大指向性利得は、 $b_2 = 1.25 / \lambda$ 附近で約 6.6 dB 程度の利得が得られることがわかる。この値は図 1 に示す単一ループアンテナの最大指向性利得約 4.5 dB ($b = 1.5 / \lambda$) に比して約 2.0 dB も高い値であり、しかも従来の単一ループアンテナのループ半径 $b = 1.5 / \lambda$ に比し、本願の場合は、外側ループアンテナ素子のループ半径 b_2 は $b_2 = 1.25 / \lambda$ であり、小型化されることがわかる。なお、この場合の励振条件一すなわち、内側ループアンテナ素子と外側のループアンテナ素子に加える励振

- 7 -

電圧の振幅比 $\alpha = |V_2| / |V_1|$ と位相差 $\theta = \theta_2 - \theta_1$ の関係は、(7) 式と (8) 式から求めることができます。すなわち図 6 は図 5 の場合と同じように b_1 を $1.0 / \lambda$ に固定し、 b_2 を変えた場合の α と θ の値を (7) 式と (8) 式を用いて求めた曲線で、 α は実線で示す曲線となり θ は破線で示す曲線となる。従って、図 5 の場合の最大指向性利得約 6.6 dB ($b_2 = 1.25 / \lambda$) を得るために、内側と外側のループアンテナ素子に加える励振電圧の振幅比 $|V_2| / |V_1|$ を励振部 P の電圧合成回路 V C によって約 4.1 に、位相差 $\theta_2 - \theta_1$ を移相器 PS₁, PS₂ によって 170° になるように調整すればよいことになる。なお A₁, A₂ 2 素子だけの場合は PS₁ と PS₂ の何れか一方を省略することもできる。

なお、今までの説明では図 5, 図 6 の説明からもわかるように、内側アンテナ素子のループ半径を $b_1 = 1.0 / \lambda$ に選んで最大指向性利得が得られるような外側アンテナ素子のループ半径 b_2 の値を求めたが、 b_1 の値を変えることによって更大きな最大指向性利得が得られるような b_2 の

値を求めるともできる。また航空衛星通信用アンテナの場合のように、限られた空間に設置するような場合には、それぞれのループ半径も限定されるが (6), (7), (8) 式から与えられた空間条件の中で最大の指向性利得を得るような励振条件を求めることもできる。

以上説明を簡単にするために 2 素子の場合について説明したが、3 素子以上の場合も計算式が多少複雑になるだけで、更に大きな最大指向性利得が得られることが期待できる。

以上述べたように、本発明のループアンテナは小形にして高利得を実現できるアンテナであるが、単独のアンテナとしてのみならず図 3-a, 図 3-b に示される配列アンテナの素子アンテナとしても有望である。例えば VHF 帯、UHF 帯、テレビ受信用アンテナとして、又、航空衛星通信用アンテナとしても大いに期待される。

4. 図面の簡単な説明

図 1、図 2-a、図 2-b、図 3-a、図 3-b

は従来のループアンテナの構成図、図4は本発明の実施例を示す構成図、図5および図6は本発明の原理を説明するための曲線図である。

特開昭54-8441(4)

- A ……ループアンテナ素子、
- P ……励振部、
- PS ……移相器、
- VC ……電圧合成回路、
- Z ……インピーダンス。

図 1

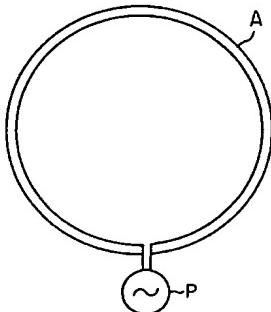


図 2a

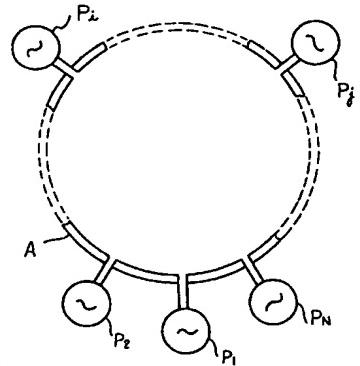
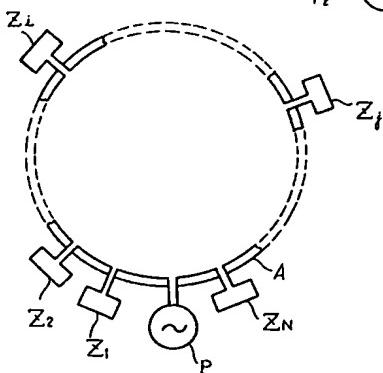


図 2b



特許出願人 国際電信電話株式会社

代理人 白水常雄

-11-

図 3a

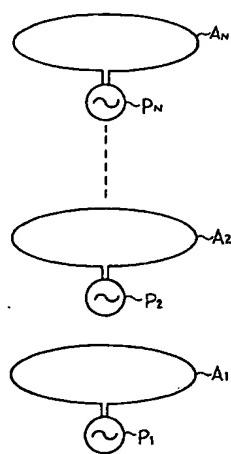


図 3b

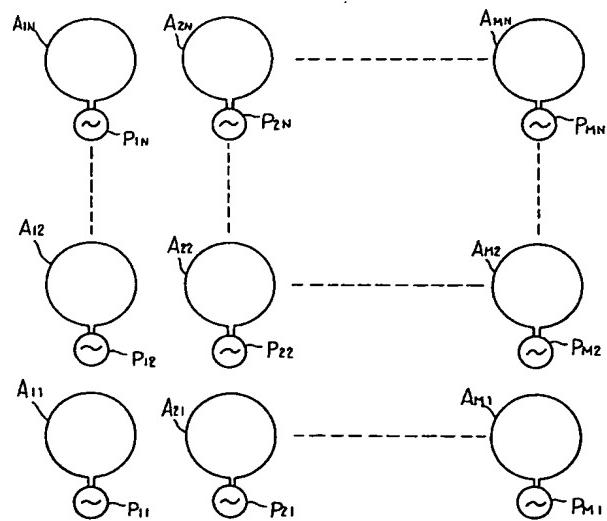
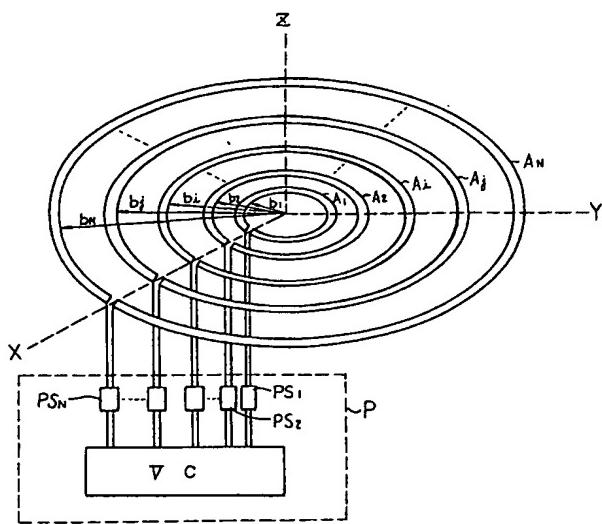


図 4



特開昭54-8441(5)
図 5

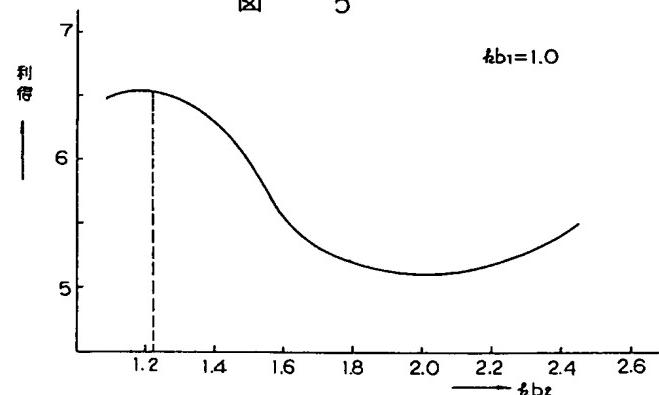


図 6

